



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

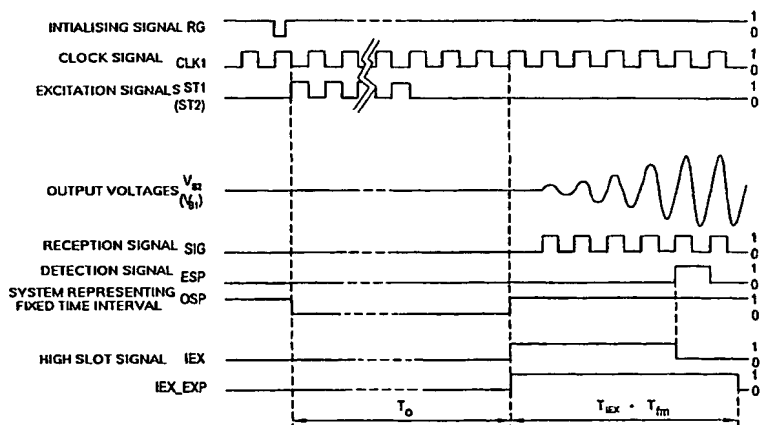
(51) Classification internationale des brevets ⁷ : G01H 5/00, G01F 1/66		A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 00/52431
			(43) Date de publication internationale: 8 septembre 2000 (08.09.00)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR00/00484 (22) Date de dépôt international: 25 février 2000 (25.02.00) (30) Données relatives à la priorité: 99/02672 3 mars 1999 (03.03.99) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): SCHLUMBERGER INDUSTRIES, S.A. [FR/FR]; 50, avenue Jean-Jaurès, F-92120 Montrouge (FR). (72) Inventeur; et (75) Inventeur/Déposant (US seulement): LELEU, Christophe [FR/FR]; 215, rue de la Lyre, F-71000 Mâcon (FR). (74) Mandataire: DUPONT, Henri; Schlumberger Industries, RMS - Propriété Intellectuelle, Boîte postale 620-05, F-92542 Montrouge (FR).		(81) Etats désignés: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). Publiée Avec rapport de recherche internationale.	

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR MEASURING PROPAGATION TIME OF A SIGNAL, IN PARTICULAR A ULTRASONIC SIGNAL

(54) Titre: METHODE ET DISPOSITIF DE MESURE DU TEMPS DE PROPAGATION D'UN SIGNAL, EN PARTICULIER D'UN SIGNAL ULTRASONORE

(57) Abstract

The invention concerns a method for measuring the propagation time T_p of a signal, in particular an ultrasonic signal between two transducers consisting of a transmitter and a receiver at some distance from each other. The transmitting transducer is subjected to an excitation signal comprising n successive pulses of period T_e resulting in the transmission of an ultrasonic wave in the direction of the receiving transducer. The ultrasonic wave generates a reception signal in output of the receiving transducer. An intermediate propagation time T_{int} is started as from the start of the excitation of the transmitting transducer. The reception signal in output of the receiving transducer is detected and the oscillations of said reception signal are counted. The measurement of the intermediate propagation time T_{int} is stopped when the i -th oscillation is detected. The propagation time T_p of the signal is determined by forming the difference $T_{int} - i \times T_e$. Advantageously, the measurement of the intermediate propagation time T_{int} is stopped for the i -th oscillation of the reception signal corresponding to a maximum amplitude of the reception signal.



(57) Abrégé

Méthode pour mesurer le temps de propagation T_p d'un signal, notamment ultrasonore entre deux transducteur constitués d'un émetteur et d'un récepteur à distance l'un de l'autre. Le transducteur émetteur est soumis à un signal d'excitation comportant n impulsions successives de période T_e donnant lieu à l'émission d'une onde ultrasonore en direction du transducteur récepteur. L'onde ultrasonore génère un signal de réception en sortie du transducteur récepteur. Une mesure de temps de propagation intermédiaire T_{int} est débutée dès le début de l'excitation du transducteur émetteur. Le signal de réception en sortie du transducteur récepteur est détecté et les oscillations dudit signal de réception sont comptées. La mesure du temps de propagation intermédiaire T_{int} est arrêtée lorsque la i -ième oscillation est détectée. Le temps de propagation T_p du signal est déterminé en formant la différence $T_{int} - i \times T_e$. De façon avantageuse, la mesure du temps de propagation intermédiaire T_{int} est arrêtée pour la i -ième oscillation du signal de réception correspondant à une amplitude du signal de réception maximum.

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce		de Macédoine	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	ML	Mali	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MN	Mongolie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MR	Mauritanie	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MW	Malawi	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	MX	Mexique	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Pays-Bas	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NO	Norvège	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	NZ	Nouvelle-Zélande		
CM	Cameroun			PL	Pologne		
CN	Chine	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CU	Cuba	KZ	Kazakstan	RO	Roumanie		
CZ	République tchèque	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
DE	Allemagne	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DK	Danemark	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
EE	Estonie	LR	Libéria	SG	Singapour		

METHODE ET DISPOSITIF DE MESURE DU TEMPS DE PROPAGATION D'UN SIGNAL, EN PARTICULIER D'UN SIGNAL ULTRASONORE.

L'invention est relative à une méthode et à un dispositif de mesure du temps de propagation de signaux, notamment ultrasonores se propageant entre deux transducteurs.

Afin de mesurer le temps de propagation T_p d'un signal, par exemple un signal ultrasonore, entre deux transducteurs, une méthode connue consiste à exciter le transducteur émetteur au moyen d'une impulsion d'excitation IE1. Une telle impulsion d'excitation est de forme sensiblement rectangulaire et le spectre en fréquence comprend la fréquence d'excitation du transducteur. Cette impulsion va donner lieu à l'émission, par le transducteur émetteur, d'une onde ultrasonore dans le milieu séparant les deux transducteurs. Cette onde ultrasonore va se propager en direction du transducteur récepteur. La figure 1 représente le signal d'excitation IE1 du transducteur émetteur et le signal en sortie du transducteur récepteur SR1. La méthode consiste à détecter la première oscillation de ladite onde dès son arrivée sur le transducteur récepteur. Le temps de propagation T_p est alors le temps entre l'instant où le transducteur émetteur est soumis à l'impulsion d'excitation et l'instant de détection de la première oscillation de l'onde ultrasonore arrivant au niveau du transducteur récepteur. Cette méthode est particulièrement difficile à mettre en œuvre et souffre d'imprécision donnant lieu à une mesure du temps de propagation erronée. En effet, l'onde ultrasonore donne lieu au niveau du transducteur récepteur à un signal de réponse d'amplitude très faible. A titre d'exemple, dans le cadre de la débitmétrie ultrasonore utilisée dans les réseaux de chauffage, à un transducteur de fréquence de résonance proche de 1 MHz correspond un signal de réponse d'une amplitude comprise entre 3 et 10 mV environ. La figure 2 présente l'allure du signal de réponse du transducteur récepteur SR1 lorsque le transducteur émetteur est excité par une seule impulsion. La méthode consiste à détecter la première oscillation de l'onde ultrasonore PF1 en détectant le dépassement d'un seuil de tension. Cette méthode nécessite d'une part de détecter de très faibles niveaux de tension, et d'autre part de maîtriser précisément le seuil de déclenchement du dispositif de détection de l'arrivée d'une oscillation afin de ne pas introduire de retard dans la mesure du temps de propagation. Cette méthode peut être précise si l'on utilise un composant électronique à déclenchement de seuil performant, mais coûteux. Elle est par contre imprécise avec un composant électronique à déclenchement de seuil de type courant.

Par ailleurs, on connaît par le brevet US 5,123,286 une méthode pour déterminer le temps de propagation d'une onde ultrasonore entre deux transducteurs. Le transducteur émetteur est excité par une impulsion carrée qui donne lieu à l'apparition d'un signal de réponse typique d'un oscillateur amorti dont l'amplitude crête augmente pour un certain nombre de périodes avant de décroître. La méthode se propose de déterminer le temps de propagation entre l'instant d'excitation du transducteur émetteur et l'instant de réception du signal ultrasonore par le transducteur récepteur. Elle consiste à calculer une enveloppe du signal de réponse par la détermination d'une part de l'amplitude d'un groupe de périodes et d'autre part des instants de passage à zéro desdites périodes. Le point d'intersection de cette enveloppe avec la ligne de base du signal de réponse est ensuite calculé pour déterminer l'instant d'apparition du signal de réponse au niveau du transducteur. Enfin, la détermination du temps de propagation s'effectue en calculant la différence entre l'instant d'excitation et ledit instant d'apparition du signal. Cette méthode est complexe à mettre en œuvre, et nécessite d'effectuer et de stocker diverses mesures ainsi que de réaliser de nombreux calculs.

La présente invention a ainsi pour objet une méthode pour mesurer le temps de propagation T_p d'un signal ultrasonore entre deux transducteurs constitués d'un émetteur et d'un récepteur à distance l'un de l'autre, le transducteur émetteur étant soumis à un signal d'excitation donnant lieu à l'émission d'une onde ultrasonore, ladite onde ultrasonore générant en sortie du transducteur récepteur un signal de réception, caractérisée en ce que ladite méthode comporte les étapes suivantes :

- soumettre le transducteur émetteur à un signal d'excitation comportant n impulsions successives de période T_e ,
- débiter une mesure de temps de propagation intermédiaire T_{im} dès le début de l'excitation du transducteur émetteur,
- détecter le signal de réception en sortie du transducteur récepteur et compter les oscillations dudit signal de réception,
- arrêter la mesure du temps de propagation intermédiaire T_{im} lorsque la i -ième oscillation est détectée, et
- déterminer le temps de propagation T_p du signal en formant la différence $T_{im} - i \times T_e$.

De façon avantageuse, le nombre d'impulsions n composant le signal d'excitation est tel que $n \neq 1$ et la mesure du temps de propagation intermédiaire T_{im} est arrêtée pour la i -ième oscillation du signal de réception telle que $i \neq 1$.

Selon un premier mode de réalisation, la mesure du temps de propagation intermédiaire T_{int} est arrêtée pour la i -ième oscillation du signal de réception correspondant à une amplitude du signal de réception maximum.

5

Selon un deuxième mode de réalisation, la mesure du temps de propagation intermédiaire T_{int} est arrêtée pour la i -ième oscillation du signal de réception telle que $i=n$.

10

Selon un mode de réalisation particulier, le nombre d'impulsions n composant le signal d'excitation est de préférence $n = 4$ ou 5 et la mesure du temps de propagation intermédiaire T_{int} est arrêtée pour la i -ième oscillation du signal de réception telle que de préférence $i = 4$ ou 5 .

15

La réponse du transducteur au train de n impulsions correspond à la réponse transitoire d'un oscillateur à une excitation périodique. L'amplitude crête d'un tel signal de réception augmente très rapidement pendant les premières périodes du signal puis se stabilise à une amplitude constante. Un premier avantage est que l'amplitude de la i -ième oscillation est plus grande dans le cas de la réponse à un train de n impulsions (avec $n>1$) que dans le cas de la réponse à une seule impulsion d'excitation. Un autre avantage d'effectuer la mesure du temps de propagation sur une i -ième oscillation choisie de façon convenable, permet d'effectuer une mesure de temps de propagation sur un signal d'amplitude beaucoup plus grande que la première oscillation du signal de réception. Ainsi, d'une part le seuil de déclenchement sera petit par rapport à l'amplitude crête du signal de réception ce qui implique que le retard introduit par le temps que met le signal de réception à atteindre le seuil de déclenchement sera bien plus petit pour la i -ième oscillation que pour la première oscillation, et d'autre part cette méthode permet d'utiliser un comparateur à seuil de déclenchement standard sans qu'il soit nécessaire de contrôler précisément son seuil de déclenchement, tout en améliorant notablement la précision sur la mesure du temps de propagation.

25

30

La présente invention a également pour objet un dispositif de mesure du temps de propagation T_p d'un signal ultrasonore comprenant :

- des moyens de formation d'un signal d'excitation,
- un transducteur émetteur 1, 2 relié audit moyen de formation d'un signal d'excitation,
- un transducteur récepteur transformant le signal ultrasonore en un signal de réception,

- des moyens de comparaison reliés audit transducteur récepteur, comparant l'amplitude du signal de réception à une tension seuil de déclenchement et générant un signal représentatif des oscillations dudit signal de réception,

ledit dispositif comportant en outre :

- 5 - des moyens de comptage d'un temps fixe T_0 , reliés audits moyens de formation d'un signal d'excitation, destinés à décompter un temps fixe T_0 à partir de l'instant d'excitation du transducteur émetteur,
- des moyens de détermination de la i -ième oscillation reliés audits moyens de comparaison, destinés à compter le nombre d'oscillations du signal de réception et à détecter la i -ième
- 10 oscillation,
- des moyens de mesure d'un temps variable T_{IEX} entre la fin du comptage de T_0 et la détection de la i -ième oscillation.

D'autres caractéristiques et avantages apparaîtront au cours de la description qui va suivre,

15 donnée à titre d'exemple non limitatif, faite en référence aux dessins annexés et sur lesquels :

- la figure 1 représente le signal d'excitation du transducteur émetteur et le signal en sortie du transducteur récepteur en fonction du temps pour une méthode de mesure selon l'art antérieur,
- la figure 2 représente l'allure du signal de réponse du transducteur récepteur en fonction du temps lorsque le transducteur émetteur est excité par une seule impulsion pour une méthode de
- 20 mesure selon l'art antérieur,
- la figure 3 représente le signal d'excitation du transducteur émetteur et le signal en sortie du transducteur récepteur en fonction du temps pour la méthode de mesure selon l'invention,
- la figure 4 représente l'allure du signal de réception du transducteur récepteur en fonction du temps lorsque le transducteur émetteur est excité par un train d'impulsions pour une méthode de
- 25 mesure selon l'invention,
- la figure 5 représente l'amplitude du signal de réception du transducteur récepteur pour la première et la i -ème oscillation,
- les figures 6.a à 6.d sont des représentations schématiques des différents circuits électroniques permettant de mettre en œuvre la méthode selon l'invention, et
- 30 - la figure 6 représente les chronogrammes des divers signaux en relation avec les circuits électroniques des figures 6.a à 6.d.

Sur la figure 3 est représenté le signal d'excitation I_{En} destiné à exciter le transducteur émetteur ainsi que le signal de réception SR_n mesuré en sortie du transducteur récepteur. Le temps de

propagation T_p que l'on cherche à mesurer est la durée s'écoulant entre l'instant où le signal d'excitation est envoyé sur le transducteur et l'instant où le signal ultrasonore résultant arrive au niveau du transducteur récepteur.

Le signal d'excitation I_{En} comporte une succession de n impulsions avec un rapport cyclique de par exemple 0.5. De préférence, le nombre d'impulsions n composant le signal d'excitation est tel que $n \neq 1$. Le spectre en fréquence de chaque impulsion comporte au moins une fréquence d'excitation T_e proche de la fréquence de résonance du transducteur, par exemple 1 MHz. Ainsi, le transducteur étant comparable à un oscillateur, le fait de le soumettre à une succession d'impulsions, chaque impulsion étant de forme sensiblement rectangulaire va mettre le transducteur dans un régime d'oscillations périodiques entretenues, pendant une durée liée au nombre d'impulsions composant le signal d'excitation. L'onde ultrasonore émise par le transducteur émetteur en direction du transducteur récepteur, dans le milieu séparant les deux transducteurs, résulte du signal d'excitation dont les caractéristiques ont été décrites précédemment. Cette onde donne lieu au niveau du transducteur récepteur au signal de réception SR_n . L'onde ultrasonore ainsi que le signal électrique de réception en résultant en sortie du transducteur récepteur ont typiquement la forme d'un paquet d'ondes, c'est à dire d'une oscillation dont l'amplitude croît, puis atteint un maximum pour ensuite diminuer. La diminution de l'amplitude intervenant lorsque le transducteur émetteur n'est plus soumis au signal d'excitation, il a alors le comportement d'un oscillateur amorti.

La figure 4 représente une partie du signal de réception mesuré en sortie du transducteur récepteur. La figure 5 représente l'amplitude de ce signal pour la première et la i -ème oscillation.

La première oscillation $P1$ du signal de réception a une amplitude $V_{max}(1)$ faible mais néanmoins supérieure à la tension seuil de déclenchement V_{trig} permettant sa détection par un circuit électronique approprié. Par contre la i -ème oscillation Pi du signal de réception a une amplitude $V_{max}(i)$ très supérieure à la tension seuil de déclenchement V_{trig} . Il est donc clair que l'erreur commise sur une mesure de temps correspondant à l'instant précis où le dépassement de la tension de seuil est détecté est d'autant plus faible que l'amplitude est grande. En conséquence l'erreur commise sur la i -ème oscillation Pi est bien plus faible que celle commise pour la première oscillation $P1$. Il est donc préférable, afin de minimiser l'erreur commise sur la mesure du temps de propagation, de faire une mesure du temps de propagation intermédiaire sur la i -ème oscillation, puis de corriger cette mesure en retranchant le temps s'étant écoulé entre la détection de la première oscillation et la i -ème oscillation.

De façon avantageuse, la mesure du temps de propagation intermédiaire T_{int} est arrêtée pour la i -ième oscillation du signal de réception telle que $i \neq 1$. Selon un mode de réalisation particulièrement avantageux, la mesure du temps de propagation intermédiaire T_{int} est arrêtée pour la i -ième oscillation du signal de réception correspondant à une amplitude du signal de réception maximum.

Selon un autre mode de réalisation, la mesure du temps de propagation intermédiaire T_{int} est arrêtée pour la i -ième oscillation du signal de réception telle que $i=n$.

Les figures 6.a à 6.d vont maintenant être décrites en relation avec la figure 7. La figure 7 représente les chronogrammes des signaux intervenant dans les circuits électroniques des figures 6.a à 6.d. Pour l'ensemble des figures 6.a à 6.d, une pile (non représentée) fournit l'énergie nécessaire au fonctionnement des divers composants électroniques par l'intermédiaire d'un câblage approprié et connu de l'homme du métier.

Un tel dispositif trouve notamment une application dans le domaine de la débitmétrie ultrasonore. Les deux transducteurs 1, 2 sont alors disposés dans un écoulement de fluide, le transducteur 1 étant de façon alternée émetteur puis récepteur, l'autre transducteur 2 étant dans un état inverse par rapport au transducteur 1. Les temps de propagation des ondes ultrasonores entre les deux transducteurs 1, 2 dans le sens amont T_1 puis dans le sens aval T_2 dans le fluide en écoulement permettent de calculer le débit du fluide Q en fonction d'un terme défini K lié à la géométrie du débitmètre :

$$Q \approx \frac{4 \times K \times |T_2 - T_1|}{(T_1 + T_2)^2}.$$

La figure 6.a est une vue schématique du circuit qui contrôle l'émission et la réception des ondes ultrasonores par les transducteurs 1, 2. Lors des phases d'émissions, un microcontrôleur (non représenté) commande l'envoi d'un signal d'émission ST_1 , ST_2 (voir fig. 7) sur le transducteur 1, 2 respectivement. Le signal d'émission ST_1 , ST_2 est composé d'un train formé de n impulsions de fréquence f_e , par exemple 1 MHz. Le train d'impulsions est synchrone avec le signal d'horloge CLK_1 .

Sur la figure 6.a, les transducteurs 1, 2 sont du type comportant une lame en matériau piézo-électrique avec deux surfaces métallisées, l'une étant reliée à la masse 0 et l'autre aux interrupteurs U_3 , U_4 respectivement. Lorsque le transducteur 1 est soumis à un signal d'excitation ST_1 et émet un signal ultrasonore en direction du transducteur 2, l'interrupteur U_3 est ouvert, alors que l'interrupteur U_4 relié au transducteur 2 en mode de réception est fermé.

La configuration des interrupteurs est inversée lorsque le transducteur 2 est soumis au signal d'excitation ST2 et que le transducteur 1 est en mode de réception. Les interrupteurs U3, U4 sont commandés par le microcontrôleur (non représenté) d'une manière classique. La tension en sortie VS1, VS2 du transducteur 1, 2 respectivement est envoyée sur l'entrée inverseuse du comparateur U5. Le comparateur U5 est alimenté par la tension VDD par son entrée V+. L'entrée V- du comparateur U5 est reliée à la masse 0. L'entrée non-inverseuse est reliée à une tension de référence dite de déclenchement Vtrig. La sortie du comparateur est reliée à un inverseur U6. Ainsi le signal de réception SIG est disponible en sortie du bloc comparateur U5, U6, lequel est réglé pour un seuil de détection Vtrig. Le dépassement du seuil de tension Vtrig donne lieu à un état bas "0" en sortie du comparateur U5, le passage sous le seuil de tension à un état haut "1". Le signal SIG (voir fig.7) fournit par le circuit de la fig. 6.a est donc représentatif du signal de réception fourni par le transducteur émetteur, chaque créneau du signal SIG correspondant à une arche positive d'une oscillation du signal de réception.

Les figures 6.b, 6.c et 6.d représentent schématiquement les circuits permettant de mesurer le temps de propagation. Le temps de propagation est déterminé en additionnant deux contributions temporelles. Tout d'abord un premier circuit représenté sur les figures 6.b et 6.d permet de décompter un temps fixe To, puis un deuxième circuit représenté sur la figure 6.c permet de mesurer le temps restant entre To et l'instant correspondant à la détection du signal correspondant à la i-ième oscillation. Pour déterminer ce temps restant, lequel est variable, il faut pouvoir mesurer une durée faible ce qui ne peut être effectué par des moyens classiques tels que par exemple une horloge et un compteur haute fréquence. L'utilisation d'un circuit expenseur de temps permet de s'affranchir de ce problème. Le principe de fonctionnement et la mise en œuvre du circuit expenseur de temps ont déjà été décrits dans le brevet FR 2 750 495.

Le circuit expenseur de temps HB5 multiplie la durée d'un créneau par un facteur de multiplication temporel propre au circuit expenseur de temps. L'intervalle de temps dit expansé en sortie du circuit HB5 peut être déterminé de manière classique ce qui permet d'en déduire la durée du créneau en divisant la durée de l'intervalle de temps expansé par le facteur multiplicatif.

Sur la figure 6.b, la porte logique U7 de type "OU" reçoit sur l'une de ces deux entrées le signal ST1 et sur l'autre le signal ST2, sa sortie étant reliée à l'entrée LAT de la bascule de type D U8. Ainsi, lorsqu'un signal ST1 ou ST2 est présent sur l'une des entrées de la porte U7, il est envoyé sur l'entrée LAT. Les deux entrées S et D de la bascule U8 sont au potentiel Vdd c'est à dire dans un état haut et l'entrée \bar{R} est soumise au signal d'initialisation RG. La sortie \bar{Q} de la

bascule U8 est en l'air. L'autre sortie Q de la bascule U8 est reliée à une porte logique U9 de type "ET", dont l'autre entrée est soumise au signal d'horloge CLK1. Ainsi, après initialisation de la bascule U8, dès qu'un signal ST1 ou ST2 est présent à l'entrée LAT, la sortie Q de la bascule passe dans l'état haut. Le signal en sortie de la porte logique U9 devient alors le signal d'horloge CLK1. La sortie de la porte logique U9 est reliée à l'entrée CLK du compteur HB1, lequel possède une entrée R soumise au signal d'initialisation RG. Le compteur HB1 va donc compter le nombre de périodes arrivant à son entrée CLK après son initialisation par RG. La sortie du compteur HB1 est reliée à l'entrée d'un décodeur HB2, lequel génère en sortie un signal OSP représentatif de l'intervalle de temps fixe To. Cette durée To correspond à la durée pendant laquelle le signal OSP est dans un état bas.

Ce circuit a donc pour fonction de décompter un temps fixe To, dès le premier changement d'état provoqué par l'arrivée d'un signal ST1 ou ST2 à l'une de ces entrées au niveau de la porte U7.

Une fois la première durée To décomptée, le deuxième circuit représenté à la figure 6.c va déterminer la durée restante entre la fin du comptage correspondant à To et la détection de la i-ième oscillation du signal de réception SIG.

Dans un premier temps, il est nécessaire de détecter la i-ième oscillation. Cette tâche est dévolue au circuit représenté à la figure 6.d. Ce circuit comporte un compteur HB3, lequel possède deux entrées R et CLK, lesquelles sont soumises au signal d'initialisation RG et au signal de réception SIG respectivement. Après initialisation, dès l'arrivée du signal SIG, le compteur va compter le nombre de créneaux que comporte le signal de réception SIG. L'entrée du décodeur HB4 est reliée à la sortie du compteur HB3, de telle sorte que lorsque le compteur atteint le i-ième créneau, le signal de détection ESP en sortie du décodeur HB4 va passer de l'état bas à l'état haut pendant une période du signal de réception SIG (voir fig.7).

Le circuit de la figure 6.c va permettre de déterminer la durée très courte entre la fin du décompte de To et la détection de la i-ième oscillation au moyen du circuit expanseur de temps HB5. Une première bascule U12 de type D, dont les entrées D et S sont au potentiel Vdd et dont l'entrée \bar{R} est soumise au signal d'initialisation RG, reçoit par son entrée LAT le signal OSP, lequel indique la fin de la phase de décomptage de To par un passage à l'état haut (voir fig. 6.b et 7). La sortie \bar{Q} de la bascule U12 est en l'air. La sortie Q passe dans un état haut lorsque le signal OSP passe de l'état bas à l'état haut. La sortie Q de la bascule U12 est reliée à l'entrée D et LAT de la bascule U13 et U14 respectivement. Les entrées S, LAT et \bar{R} de la bascule U13 sont soumises au potentiel Vdd, au signal de détection ESP et au signal

d'initialisation RG respectivement. La sortie Q de la bascule U13 est en l'air alors que la sortie \overline{Q} est reliée à l'entrée \overline{R} de la bascule U14. Ainsi, lorsque le signal OSP passe d'un état bas à un état haut dès la fin du décompte de To et que le signal de détection ESP passe dans un état haut lors de la détection de la i-ième oscillation, la sortie \overline{Q} passe d'un état haut à un état bas, forçant la sortie Q de la bascule U14 à zéro (signal IEX). Les entrées S et D de la bascule U14 sont au potentiel Vdd. La sortie \overline{Q} de la bascule U14 est en l'air. La sortie Q de la bascule U14 fournit le signal IEX, lequel est à l'état haut lorsque le signal OSP passe à l'état haut et tant que le signal de détection ESP n'est pas passé de l'état bas à l'état haut. Le signal IEX est donc un créneau à l'état haut commençant à la fin du décomptage de To et finissant lorsque la i-ième oscillation est détectée. L'expandeur de temps HB5 traite le signal IEX de telle façon que la durée T_{IEX} , pendant laquelle le créneau correspondant au signal IEX est dans un état haut, est multipliée par un facteur T_{fm} . Le signal résultant en sortie de l'expandeur HB5 est le signal IEX_EXP.

Les deux signaux OSP et IEX_EXP vont être traités par un microcontrôleur (non représenté), lequel va déterminer le temps de propagation intermédiaire, par exemple dans le cas d'une onde ultrasonore se propageant entre le transducteur 1 et 2 :

$$T_{int} = T_o + \frac{T_{IEX}}{T_{fm}}.$$

Ensuite le microcontrôleur va déterminer le temps de propagation T_p en fonction du nombre i choisi et de la période du signal ST1 d'excitation du transducteur :

$$T_p = T_{int} - i \times T_e.$$

L'ensemble des circuits électroniques décrits peut être intégré au niveau d'un composant spécifique (ASIC). Le nombre n d'impulsions composant le signal d'excitation ainsi que le nombre i déterminant l'oscillation du signal de réception sur laquelle la mesure du temps de propagation est effectuée peuvent être programmés au niveau de l'ASIC ou du logiciel assurant la gestion de l'ASIC et l'exploitation des données qu'il fournit.

De façon avantageuse, la mesure du temps de propagation intermédiaire T_{int} est arrêtée pour la i-ième oscillation du signal de réception correspondant à une amplitude du signal de réception maximum.

A titre d'exemple, dans le domaine de la débitmétrie ultrasonore, les compteurs comportent des transducteurs ultrasonores de fréquence de résonance proche de 1MHz. l'ASIC et le logiciel sont alors programmés de telle sorte que le nombre d'impulsions n composant le signal

d'excitation est de préférence $n=4$ ou 5 et la mesure du temps de propagation intermédiaire T_{int} est arrêtée pour la i -ième oscillation du signal de réception telle que de préférence $i = 4$ ou 5 . Par ailleurs la méthode ainsi que le dispositif selon l'invention appliqué à la débitmétrie ultrasonore, permettent d'améliorer de façon importante la précision des mesures et permettent
5 d'obtenir une erreur inférieure à $0,05\%$ sur la mesure du temps de propagation, tout en utilisant un composant à déclenchement de seuil courant, peu coûteux et consommant peu d'énergie.

Bien que la méthode ait été décrite en rapport avec des ondes ultrasonores, il est bien évident qu'elle ne se limite pas à ce type d'onde et que l'homme du métier peut transposer la méthode à
10 tout autre type d'onde par exemple électrique ou électromagnétique. Il en va de même pour le dispositif de mesure du temps de propagation.

Revendications

1. Méthode pour mesurer le temps de propagation T_p d'un signal ultrasonore entre deux transducteurs constitués d'un émetteur et d'un récepteur à distance l'un de l'autre, le transducteur émetteur étant soumis à un signal d'excitation donnant lieu à l'émission d'une onde ultrasonore en direction du transducteur récepteur, ladite onde ultrasonore générant en sortie du transducteur récepteur un signal de réception, caractérisée en ce que ladite méthode comporte les étapes suivantes :

- débiter une mesure de temps de propagation intermédiaire T_{im} dès le début de l'excitation du transducteur émetteur,
- détecter le signal de réception en sortie du transducteur récepteur et compter les oscillations dudit signal de réception,
- arrêter la mesure du temps de propagation intermédiaire T_{im} lorsque la i -ième oscillation est détectée, et
- déterminer le temps de propagation T_p du signal en formant la différence $T_{im} - i \times T_c$.

2. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que la mesure du temps de propagation intermédiaire T_{im} est arrêtée pour la i -ième oscillation du signal de réception correspondant à une amplitude du signal de réception maximum.

3. Méthode selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la mesure du temps de propagation intermédiaire T_{im} est arrêtée pour la i -ième oscillation du signal de réception telle que $i \neq 1$.

4. Méthode selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le transducteur émetteur est soumis à un signal d'excitation comportant n impulsions successives de période T_c .

5. Méthode selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la mesure du temps de propagation intermédiaire T_{im} est arrêtée pour la i -ième oscillation du signal de réception telle que $i = n$.

6. Méthode selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la mesure du temps de propagation intermédiaire T_{int} est arrêtée pour la i -ième oscillation du signal de réception telle que de préférence $i = 4$ ou 5 .

5 7. Méthode selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le nombre d'impulsions n composant le signal d'excitation est tel que $n \neq 1$.

8. Méthode selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que le nombre d'impulsions n composant le signal d'excitation est tel que de préférence $n=4$ ou 5 .

10

9. Dispositif de mesure du temps de propagation T_p d'un signal ultrasonore comprenant :

- des moyens de formation d'un signal d'excitation,

- un transducteur émetteur 1, 2 relié audits moyens de formation d'un signal d'excitation,

- un transducteur récepteur transformant le signal ultrasonore en un signal de réception,

15

- des moyens de comparaison reliés audit transducteur récepteur, comparant l'amplitude du signal de réception à une tension seuil de déclenchement et générant un signal représentatif des oscillations dudit signal de réception,

caractérisé en ce qu'il comporte en outre :

20

- des moyens de décomptage d'un temps fixe T_0 reliés audits moyens de formation d'un signal d'excitation, destinés à décompter un temps fixe T_0 à partir de l'instant d'excitation du transducteur émetteur,

- des moyens de détermination de la i -ième oscillation reliés audits moyens de comparaison destinés à compter le nombre d'oscillations du signal de réception et à détecter la i -ième oscillation,

25

- des moyens de mesure d'un temps variable T_{EX} entre la fin du décompte de T_0 et la détection de la i -ième oscillation.

30

10. Dispositif de mesure du temps de propagation T_p d'un signal ultrasonore selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens de décompte d'un temps fixe T_0 comprennent un compteur (HB1) et un décodeur (HB2).

11. Dispositif de mesure du temps de propagation T_p d'un signal ultrasonore selon l'une des revendications 9 à 10, caractérisé en ce que les moyens de détermination de la i -ième oscillation comportent un compteur (HB3) et un décodeur (HB4).

12. Dispositif de mesure du temps de propagation T_p d'un signal ultrasonore selon l'une des revendications 9 à 11, caractérisé en ce que les moyens de mesure du temps variable T_{IEX} comportent un dispositif expenseur de temps (HB5).

1/6

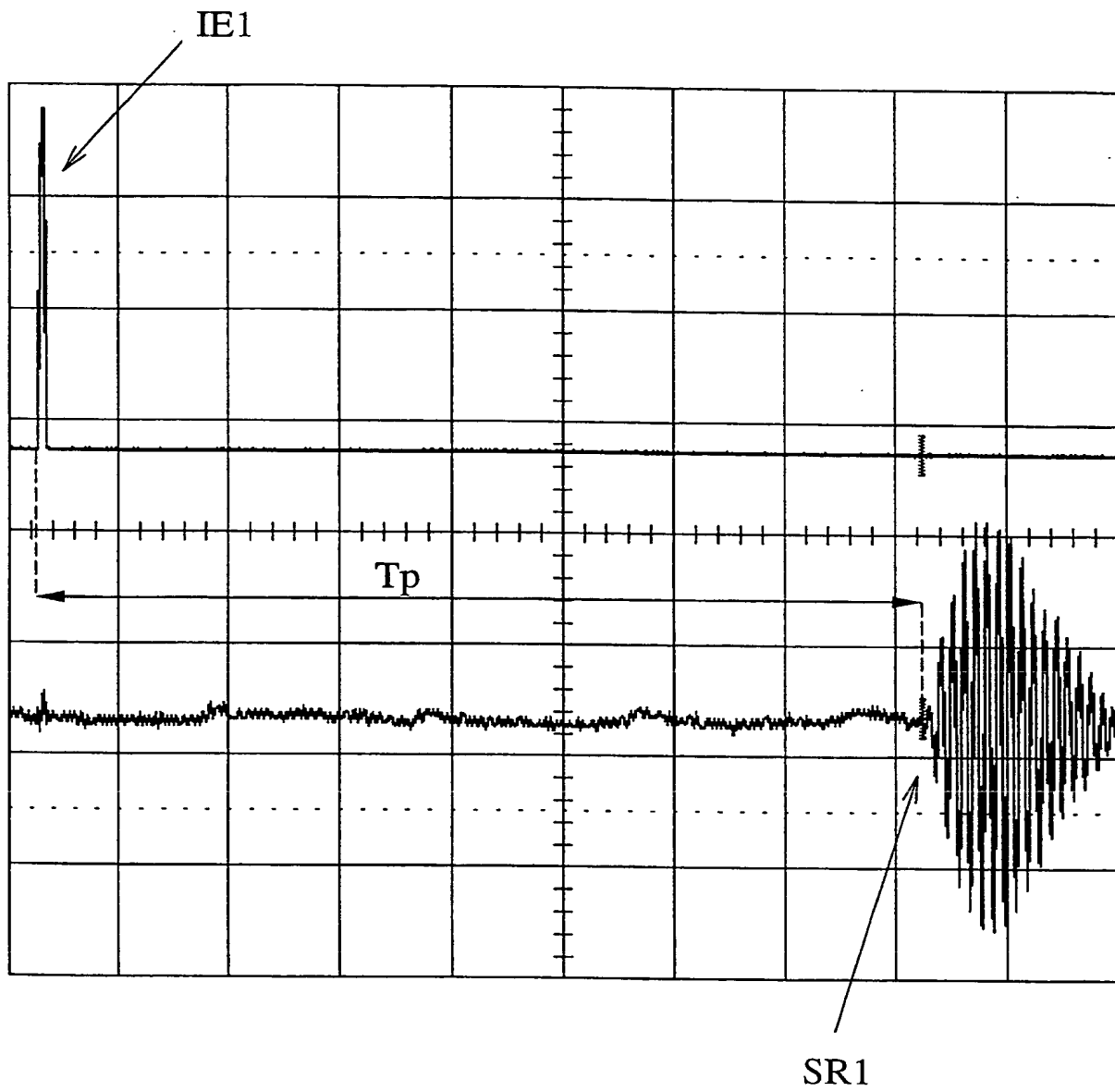


Fig. 1

2/6

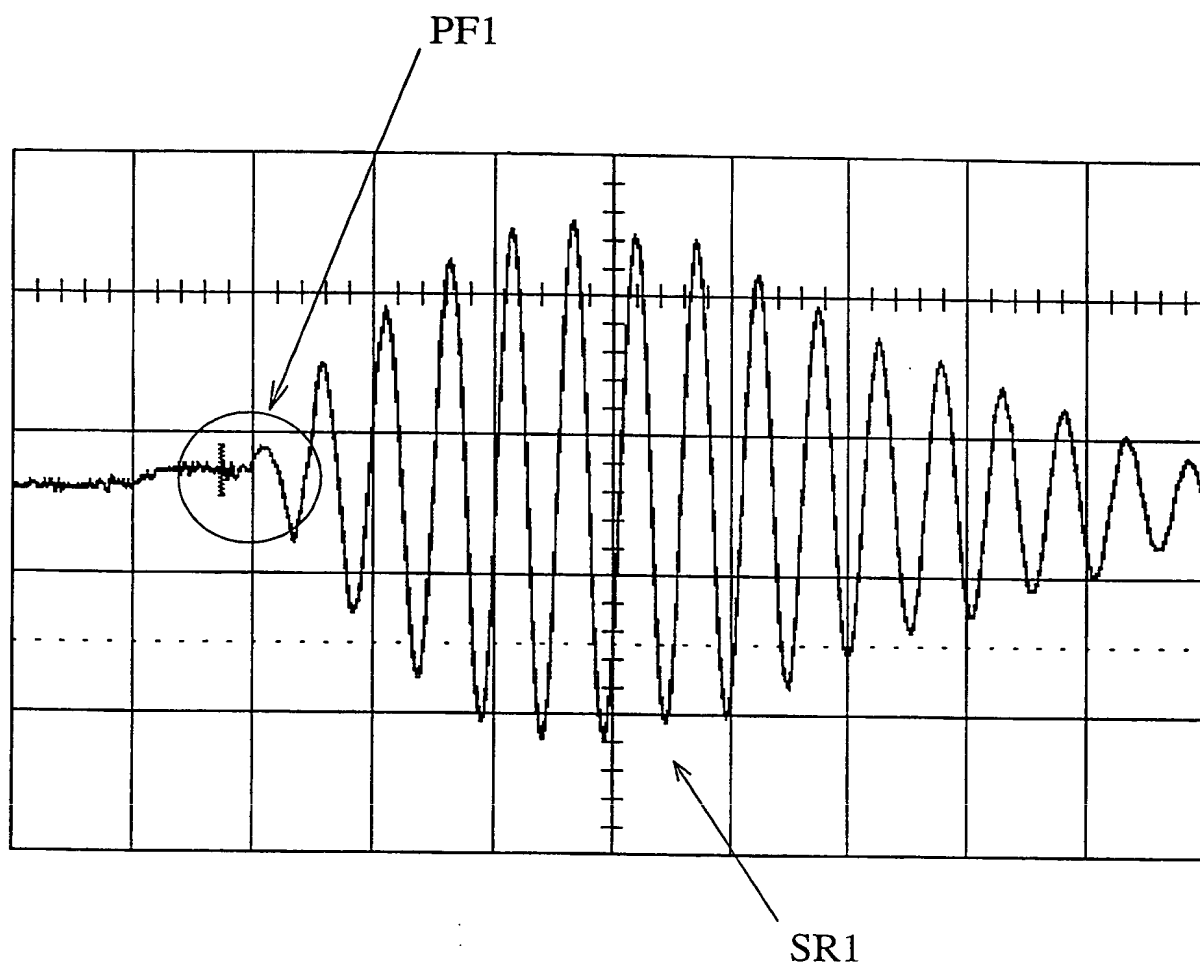


Fig. 2

3/6

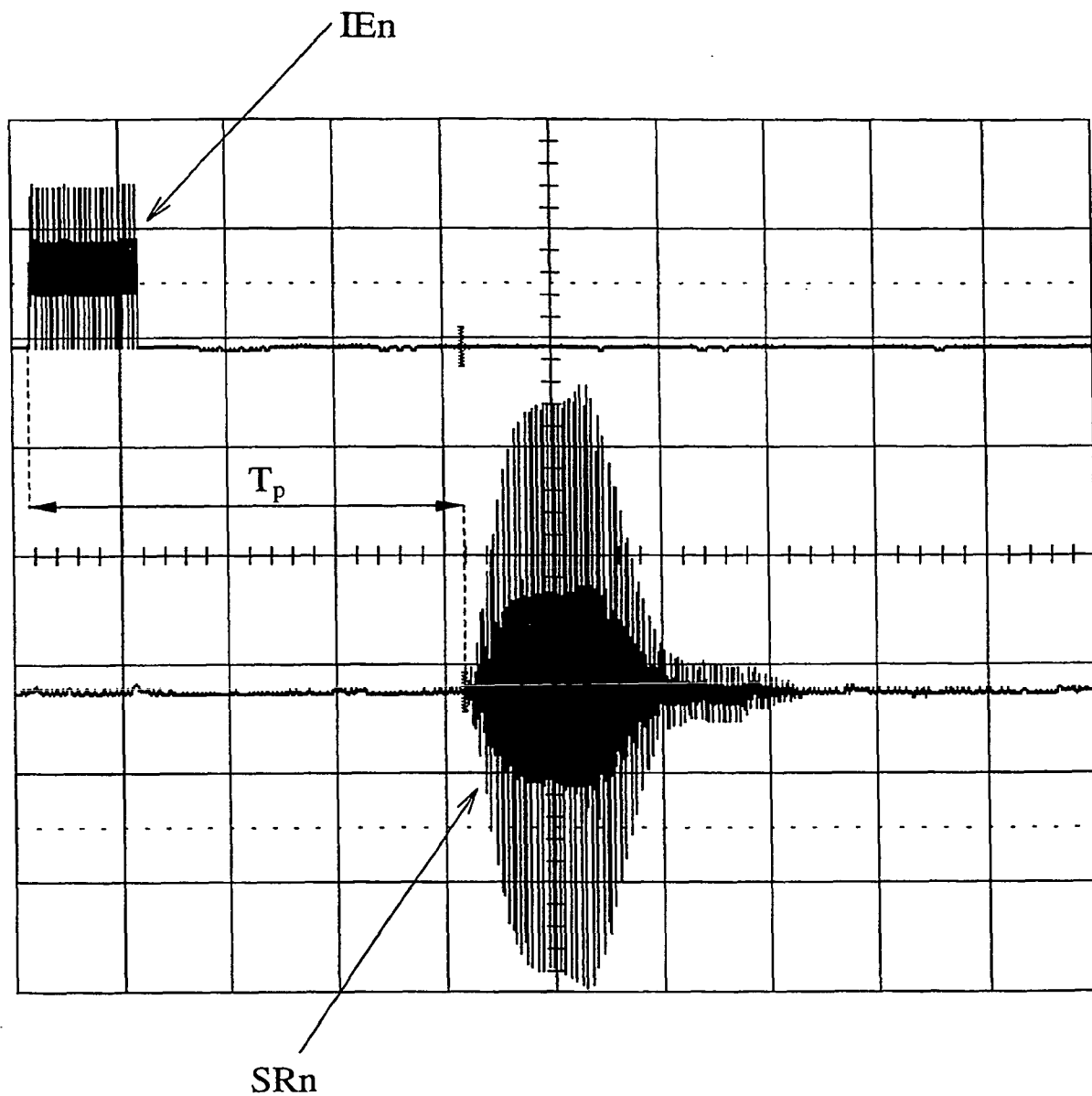


Fig. 3

4/6

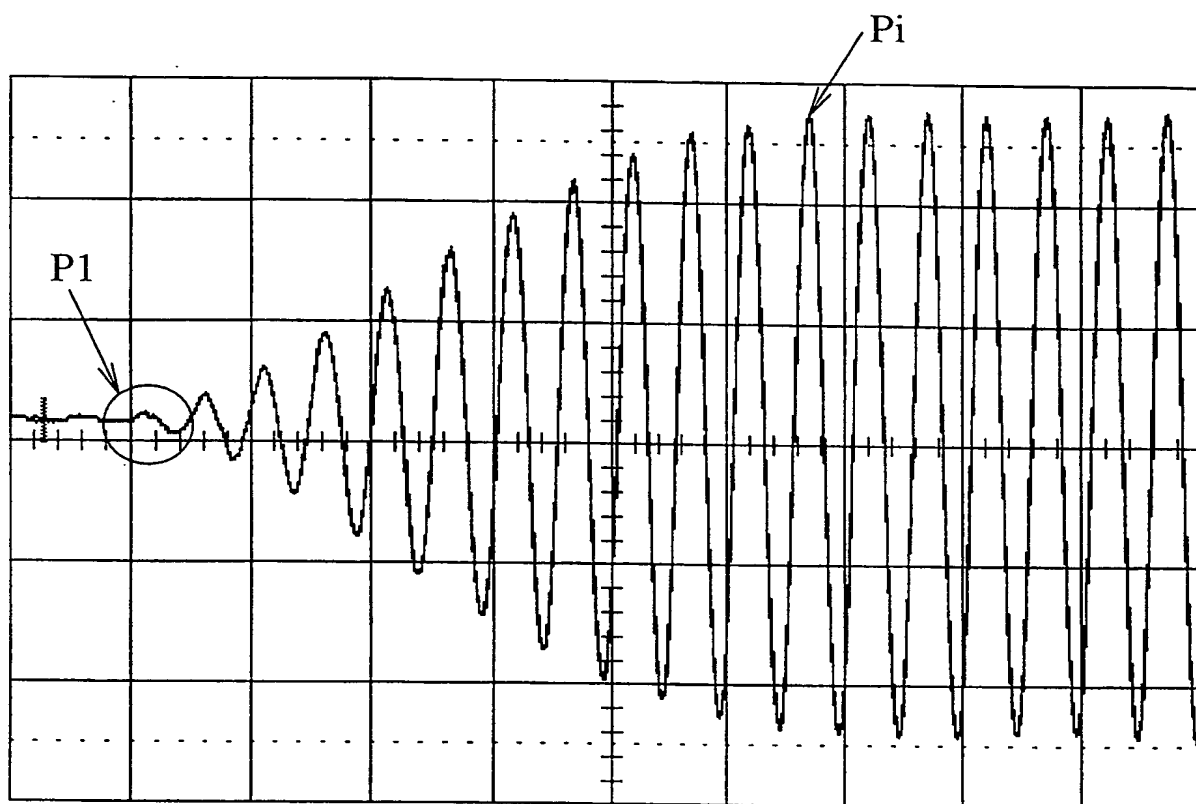


Fig. 4

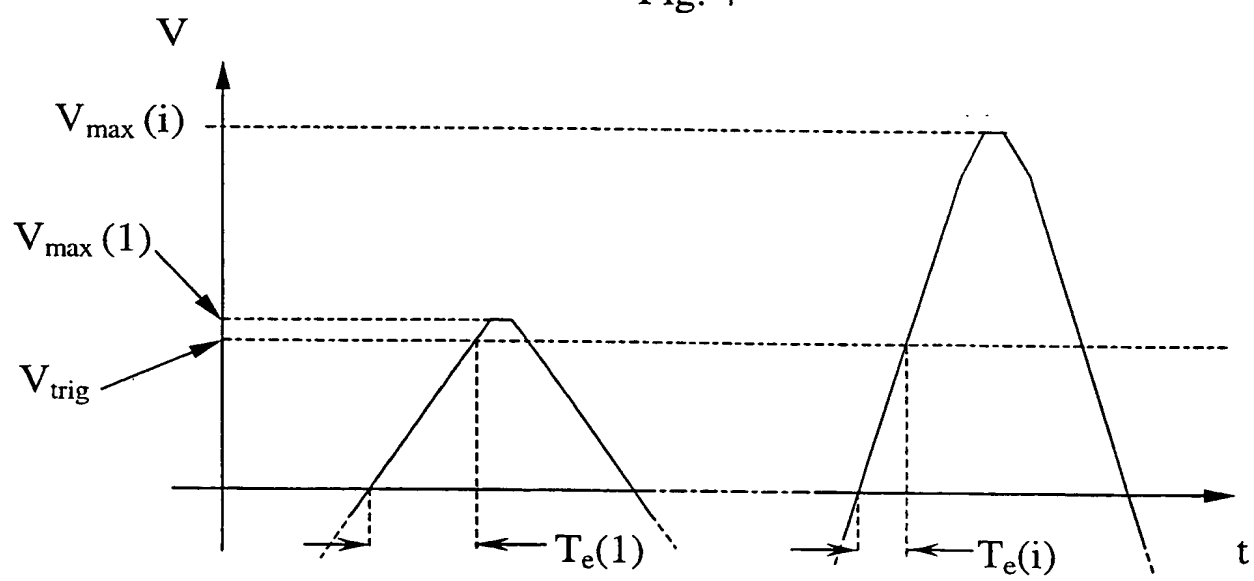


Fig. 5

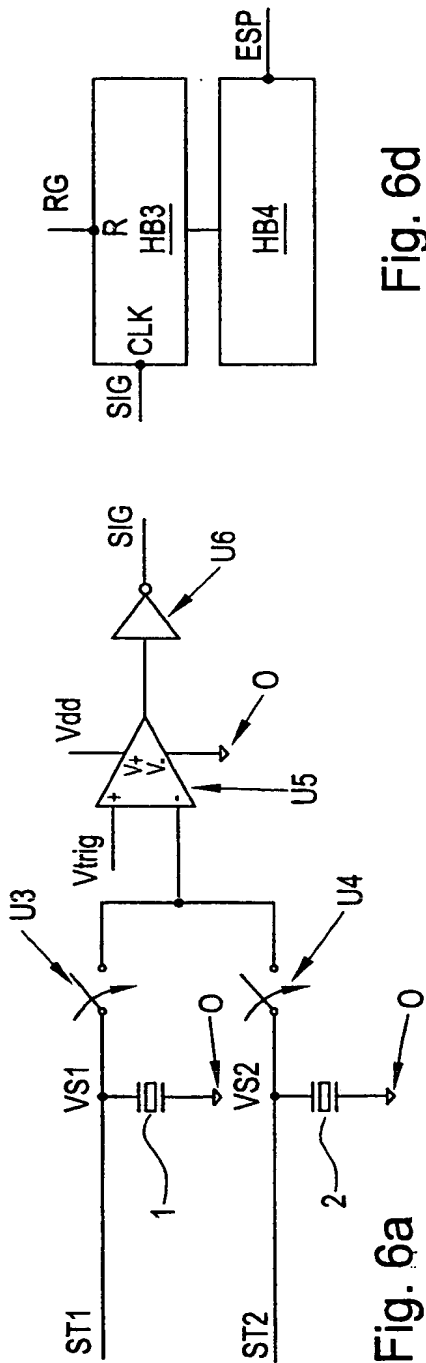


Fig. 6a

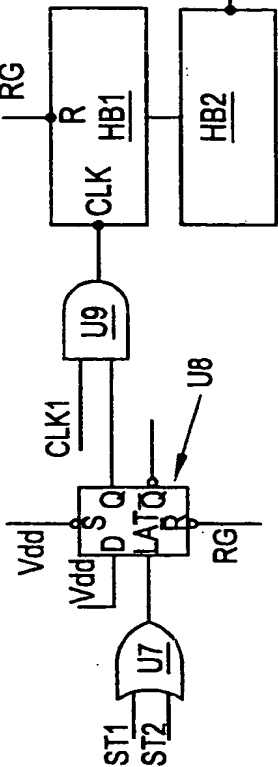


Fig. 6b

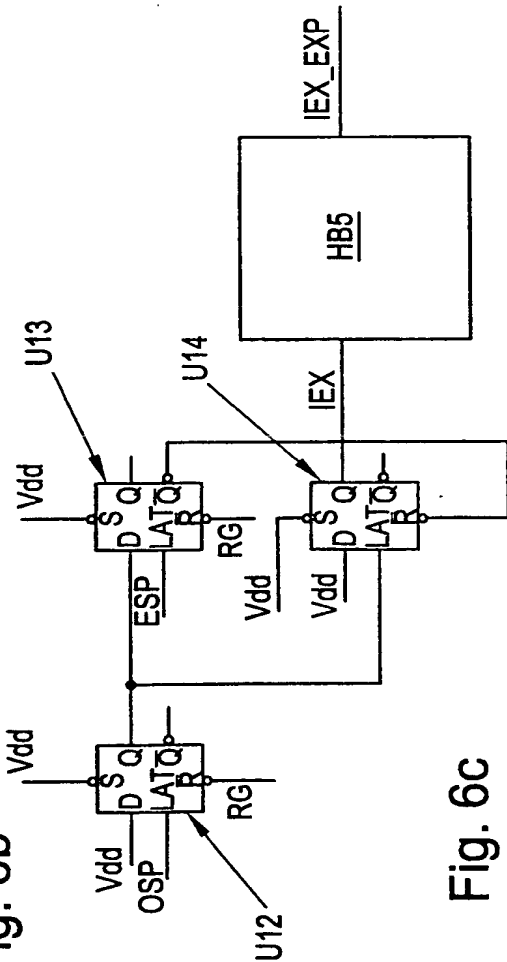


Fig. 6c

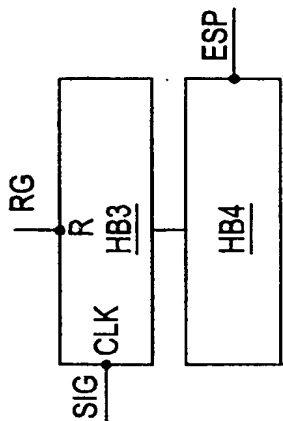


Fig. 6d



.

.

.

.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 00/00484

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 G01H5/00 G01F1/66

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01H G01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 40 17 022 A (FREIBERG BRENNSTOFFINST) 4 July 1991 (1991-07-04)	1,3,9
Y	column 7, line 2 - line 36; figure 2	9-11
A	US 5 777 238 A (FLETCHER-HAYNES PETER) 7 July 1998 (1998-07-07)	1,7
Y	column 9, line 27 - line 49 column 16, line 38 - column 17, line 13; figures 4A, 4B, 5A	9-11
A	US 5 123 286 A (BAUMGAERTNER MANFRED) 23 June 1992 (1992-06-23) cited in the application abstract	1,9
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

* & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 April 2000

Date of mailing of the international search report

18/04/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Häusser, T

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 00/00484

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 750 495 A (SCHLUMBERGER IND SA) 2 January 1998 (1998-01-02) cited in the application claim 12	12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No
PCT/FR 00/00484

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 4017022	A	04-07-1991	DD 290947 A	13-06-1991
US 5777238	A	07-07-1998	NONE	
US 5123286	A	23-06-1992	EP 0452531 A	23-10-1991
			DE 59008200 D	16-02-1995
			DK 452531 T	19-06-1995
			FI 911917 A	21-10-1991
			JP 4230882 A	19-08-1992
FR 2750495	A	02-01-1998	AU 3545097 A	21-01-1998
			CN 1227630 A	01-09-1999
			CZ 9804378 A	12-05-1999
			EP 0909373 A	21-04-1999
			WO 9800686 A	08-01-1998
			PL 330993 A	21-06-1999

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

De l'Organisation internationale No

PCT/FR 00/00484

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G01H5/00 G01F1/66

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G01H G01F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	DE 40 17 022 A (FREIBERG BRENNSTOFFINST) 4 juillet 1991 (1991-07-04)	1,3,9
Y	colonne 7, ligne 2 - ligne 36; figure 2	9-11
A	US 5 777 238 A (FLETCHER-HAYNES PETER) 7 juillet 1998 (1998-07-07)	1,7
Y	colonne 9, ligne 27 - ligne 49 colonne 16, ligne 38 - colonne 17, ligne 13; figures 4A,4B,5A	9-11
A	US 5 123 286 A (BAUMGAERTNER MANFRED) 23 juin 1992 (1992-06-23) cité dans la demande abrégé	1,9



Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents



Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

11 avril 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

18/04/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Häusser, T

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Int. Internationale No

PCT/FR 00/00484

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 750 495 A (SCHLUMBERGER IND SA) 2 janvier 1998 (1998-01-02) cité dans la demande revendication 12	12

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Données internationales No

PCT/FR 00/00484

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
DE 4017022 A	04-07-1991	DD 290947 A	13-06-1991
US 5777238 A	07-07-1998	AUCUN	
US 5123286 A	23-06-1992	EP 0452531 A	23-10-1991
		DE 59008200 D	16-02-1995
		DK 452531 T	19-06-1995
		FI 911917 A	21-10-1991
		JP 4230882 A	19-08-1992
FR 2750495 A	02-01-1998	AU 3545097 A	21-01-1998
		CN 1227630 A	01-09-1999
		CZ 9804378 A	12-05-1999
		EP 0909373 A	21-04-1999
		WO 9800686 A	08-01-1998
		PL 330993 A	21-06-1999



1

2